

Cultivo de túnidos

A. Belmonte¹, A. Ortega² y F. de la Gándara²

¹ Asociación Nacional de Acuicultura de Atún Rojo (ANATUN). C/ Roselló, 3 2ª Planta. 43.500 Tortosa. Tarragona. España. E-mail: antonio.belmonte@taxon.es

² Instituto Español de Oceanografía. Centro Oceanográfico de Mazarrón.

Descripción externa y Distribución geográfica

Los túnidos pertenecen a la familia de los escombridos. Tienen el cuerpo fusiforme y robusto. El dorso de color azul oscuro, a veces con dibujos y los flancos y el vientre plateados pudiendo presentar ondas, puntos o líneas más oscuras. Presentan dos aletas dorsales: primera y segunda aleta dorsal; una aleta anal, un par de aletas pectorales, un par de aletas ventrales y una aleta caudal de forma semilunar. También cuentan con una serie dorsal y otra ventral de pinnulas (pequeñas aletas).

El atún (Thunnini) comprende 13 especies y 4 géneros: *Thunnus*, *Euthynnus*, *Katsuwonus* y *Auxis* (melva y melvera). Las especies de mayor valor comercial pertenecen al género *Thunnus*. El atún común o rojo (*Thunnus thynnus*) se encuentra en los Océanos Pacífico y Atlántico. El atún del sur (*T. maccoyii*) vive en el Atlántico, Índico y Pacífico. El patudo (*T. obesus*), el rabil (*T. albacares*) y el atún blanco (*T. alalunga*) se encuentran en los tres océanos. El listado (*Katsuwonus pelamis*), especie comercialmente importante de valor relativamente menor, está también distribuido en los tres océanos.

Otras especies de túnidos “altamente migratorias” son de carácter más nerítico y viven junto a las plataformas, alrededor de las islas y archipiélagos y no emigran a través de los océanos. En esta categoría se encuentran especies de menor valor comercial del grupo Thunnini, como los *Euthynnus* spp. (bacoretas y barrilete negro) o el atún de aleta negra (*T. atlanticus*), que, no obstante, aparecen incluidos en el Anexo I de la Convención de 1982. El atún tongol, *Thunnus tonggol* (del Océano Índico oriental), tiene un comportamiento semejante pero es una de las dos especies de Thunnini (la otra sería el *Euthynnus lineatus*) que no se ha incluido en la lista de especies altamente migratorias.

En los últimos años también se ha añadido el género *Allothunnus* a la tribu de los Thunnini. Otras especies cotizadas de la familia de los escombridos son los bonitos (tribu Sardini), entre los cuales se encuentra el bonito atlántico (*Sarda sarda*).

Migraciones

Esta amplia distribución de las especies de túnidos conlleva en mayor o menor medida unos desplazamientos o migraciones provocados principalmente por dos factores, genéticos y tróficos. Tanto es así que las pesquerías más ancestrales de estas especies se llevaban a cabo aprovechando estos movimientos próximos a las costas. De ahí que muchos pueblos desarrollaron técnicas como la de las almadras para capturarlos, especie de gigantescos «corrales» contruidos mediante redes donde los atunes son cercados para su posterior captura desde los barcos. Para ello construyeron torres vigía, desde donde podían divisar los grandes bancos de atunes rojos que surcaban el Estrecho de Gibraltar, en su camino hacia los lugares de puesta (Baleares, Tirreno, etc.) y más tarde especializando las almadras para conseguir así los atunes de entrada (“de derecho”) y los de salida del Mar Mediterráneo (“de revés”), una vez cumplida la labor de reproducción y dirigiéndose entonces hacia el norte de Europa y más tarde hacia las Azores, en busca de los bancos de sardina, boquerones, jureles, estorninos, alachas, caballas con los que suplir el gran desgaste producido por la reproducción.

Engrase de túnidos

Las primeras experiencias de engrase y engorde de túnidos se llevaron a cabo por croatas en 1990 con el atún del sur o Southern Bluefin Tuna (*Thunnus maccoyii*), en el sur de Australia. En la actualidad esta actividad se está desarrollando mayoritariamente en Australia, México, Mar Mediterráneo y en menor medida en Japón.

En el Mediterráneo se inició en el 1995 en el SE de la Península Ibérica, con el atún rojo (*Thunnus thynnus*). La actividad se basa en capturar individuos en el medio natural con el arte de cerco de jareta, durante los meses de mayo y junio, y tras ser transferidos del cerco a las jaulas de transporte, son remolcados hasta los lugares en la costa, donde se encuentran las instalaciones de fondeo siendo alimentados hasta enero del siguiente año aproximadamente, con el fin de aumentar su contenido graso, hasta que son despescados y vendidos.

La alimentación es a base de sardina (*Pilchardus spp.*), sardinela o alacha (*Sardinella spp.*), jurel (*Trachurus trachurus*), caballa (*Scomber scombrus*), estornino (*Scomber japonicus*), y algunas especies de cefalópodos de forma manual.

En Japón se cultiva en el sur, en la isla de Amami, provincia de Kagoshima, con un porcentaje de un 70% del total, que en 2.005-2006 ascendió a la cantidad de 3.000-3.500 Tn. La especie es el blue fin tuna (*T. orientalis*) y se captura con anzuelo sin muerte con barco artesanal en los meses de julio y agosto, capturando entre 10.000 y 20.000 piezas.

El tamaño depende de la zona de pesca, así en Tokushima, Kochi y Mie, en la costa del Pacífico son de 300 a 500 gr., mientras que en la zona de Nagasaki, en el mar de Japón son de 2 a 3 kg., aunque en ambos el tamaño de comercialización es de 20 a 50 kg. Y lógicamente el tiempo de cultivo también es distinto, en la zona de Amami, en el sur, los 20 kg los alcanzan al año y medio y los 50 a los tres. En otras zonas más frías los 40 kg los alcanzan a los cuatro años. En todos los lugares son alimentados con sardina, especie más abundante en la zona y el precio en el mercado de Tsukiji, en Tokio, es de 3.000 ¥ aproximadamente.

En México, en el 2006 se llegaron a producir un total de 4.074 Tn de atún de aleta azul, bluefin tuna (*T. thynnus*) aunque también se produjeron 213 de yellowfin tuna (*T. albacares*) 7 de albacora ó atún Blanco (*Thunnus alalunga*).

De todo el Mediterráneo se han podido producir un total de 22.000 toneladas de atún rojo en 2006.

En los tamaños se suelen hacer tres intervalos, de menos de 60 kg, de 60 a 120 y de más 120 kg, siendo un porcentaje muy pequeño el de atunes de menos de 60 kg que se utilizan para el engrase, aunque esto depende de las zonas de captura, de lo avanzado de la primavera exceptuando el caso de Croacia, en donde se capturan atunes de menor tamaño, aunque para su comercialización se alcanzan pesos de más de 30 kg.

En la última campaña de 2.006-2.007, el precio de venta osciló entre los 2.100 ¥ por kg. para los ejemplares de más de 120 kg y los 1.800 ¥ para los de menos de 120 kg. Estos precios distan mucho de los 2.800 ¥ que se llegaron a alcanzar en el año 2.002, y si a esto le añadimos las oscilaciones de la divisa japonesa los beneficios de esta actividad se han visto disminuidos enormemente, puesto que en el año 2.002, 1€ equivalía a 110 ¥, mientras que en el 2.007 la equivalencia con el € está en torno a 165 ¥. Precios en origen, normalmente a bordo de barcos factoría y después del periodo de engrase y/o engorde. A modo de ejemplo decir que una granja del Mediterráneo en el 2.006 tuvo 10,5 € por kg de coste de producción, lo que supone un estrecho margen de beneficios generado, máxime teniendo en cuenta el gran riesgo que asumen todas las empresas del sector.

Investigación sobre la reproducción de túnidos

1. Japón. Isla de Amami.

La investigación comenzó en Japón en 1970. Desde entonces hasta la fecha se han realizado estudios acerca de la reproducción del bluefin y yellowfin, principalmente en la universidad de Kinki y en la estación Amami de la Asociación de Granjas del mar de Japón (JASFA).

La estación de Amami se encuentra en el sur. Este centro de investigación disfruta de unas instalaciones en tierra donde alberga la infraestructura propia de un criadero de alevines y unas instalaciones en mar formadas por jaulas circulares flotantes que se encuentran fondeadas en una bahía muy cerrada. En dicha bahía se dispone de un sistema de redes que impiden que entren o salgan especies libremente, y en donde existen ejemplares de atún (*T. orientalis*) que nadan en dichas aguas, y son los utilizados para la obtención de huevos fecundados para la producción de alevines en tierra. Estos alevines, una vez que alcanzan un tamaño determinado son trasladados a las jaulas flotantes de 40 m de diámetro y 15 de profundidad. En la naturaleza los atunes salvajes pasan de 5 kg a 50kg en 5 años, en la bahía pasan de 5 a 150 kg en el mismo tiempo.

El método de pesca que usan para recoger juveniles para iniciar el engorde consiste en pescar ejemplares de 300 a 800 gr con anzuelo en barcos pequeños (5 Ton), los echan a un tanque pequeño y los llevan a un tanque más grande en tierra, y cuando tienen 600 piezas aprox. los transportan en un barco más grande (4 días de navegación). Cuando la temperatura es baja (15 – 17°C), la mortalidad puede estar en torno a un 10%, aunque admiten temperaturas algo más alta, pero aparecen enfermedades.

En los meses de julio y agosto es cuando se observa el comportamiento de cortejo y es cuando salen a recoger huevo. Arrastran en superficie con salabres y la hora de puesta es entre las 17 y las 19h, con temperaturas que oscilan entre 24° y 26°C. La época de puesta es de junio a agosto. El intervalo de puesta puede llegar a ser de 60 días y pueden poner de 20 a 100 millones de huevos por hembra. Si el aumento de la temperatura es rápido, la puesta es rápida, y si es lenta, la puesta se ralentiza. La máxima producción ha sido de 5.000 alevines hasta el momento (datos de noviembre de 2.006).

El *T. orientalis* en la naturaleza se alimenta durante el día y desciende a una profundidad de 120 mts. La alimentación en cautividad está en un 70 – 80% de la saciedad. No distinguen sexo. Alimentan una vez al día y complementan con vitaminas C y E.

Al ser una bahía cerrada las corrientes son bastante bajas en intensidad y el viento también les afecta muy poco, por tanto la mayor cantidad de huevos los cogen dentro de la jaula, con la red.

En Japón se obtienen puestas espontáneas de atún rojo del pacífico, desde 1979, en jaulas flotantes. Es necesario destacar que durante 10 años seguidos (1983 – 1993) las puestas no se produjeron por causas desconocidas, pero parecen ser achacables a las condiciones ambientales (temperatura). En 2002 se cerró el ciclo de esta especie, *Thunnus orientalis* (Sawada *et al.*, 2005). Los principales problemas a resolver para optimizar el proceso son: puestas en cautividad impredecibles, alta mortalidad en los 10 días tras la eclosión, elevado canibalismo en larvas y juveniles, y elevada mortalidad de juveniles por colisión con las paredes y redes.

Cultivo larvario

La supervivencia larvaria obtenida a día 40-50, oscilaron del 0.07% en 1994 y 3,7% en 2003. La densidad larvaria en los tanques de cultivo es de 20 por litro. La temperatura está entre 25 y 27°C. La alimentación con alimento vivo es a base de rotífero enriquecido desde el día 2 al 19, y nauplius de *Artemia* desde el día 11 hasta el día 28. A partir del día 15, y hasta el día 32 se les ofertan larvas de peces (*Oplegnathus fasciatus*) Y por último a partir del día 20 se les alimenta

con pescado troceado. Al nacer tienen una talla de 3 mm., a los dos días 4 mm. a los 11 días 8 mm. y unos 12 mm a los quince días. Los peces son transferidos a partir del día 50 a jaulas en el mar, pero la mortalidad por traumas ocasionados por choques con la red es muy grande (en el primer mes es superior al 83% en los tres años de experiencia). Los peces supervivientes se pasan posteriormente a jaulas de mayor tamaño y se mantienen como futuros reproductores. En las últimas experiencias se ha conseguido disminuir esta mortalidad, obteniendo sobre un 44-66% de supervivencia.

2. Indonesia. Isla de Bali

El Gondol Research Institute de la Isla de Bali, se dedica a investigar sobre la reproducción y cultivo larvario del rabil (*Thunnus albacares*). La instalación consta de una toma de agua, un tanque principal, dos tanques de aclimatación de menor tamaño, y un sistema de recirculación con filtración física y biológica. El tanque principal tiene unas dimensiones de 18 metros de diámetro por 6 de profundidad (~ 1500 m³).

La entrada del agua es tangencial mediante troneras laterales cortadas al bias, para no suponer ningún obstáculo dentro del tanque. En el centro de los tanques hay un difusor que burbujea aire, y alrededor de los mismos hay una valla metálica para impedir que si algún atún salta, salga fuera del tanque. La renovación diaria es de 100 – 200 %, siendo la mitad de agua recirculada y la otra mitad de agua nueva procedente del mar que es previamente filtrada. Los peces son alimentados una vez al día (10-11 de la mañana) con una mezcla de pescado (*Decapterus maccarellus*) y calamar (*Loligo opalescens*) suplementados con un premix vitamínico.

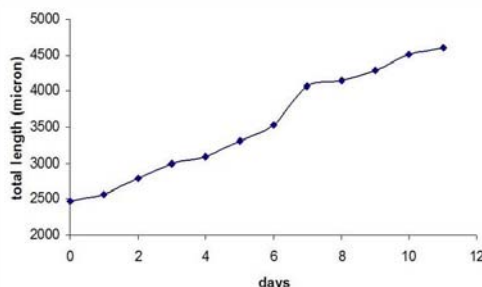
El rango de temperaturas es muy estrecho, 27 °C a 31 °C. Parece ser que una cierta estacionalidad en las temperaturas resulta beneficiosa para la reproducción del rabil. Dicha estacionalidad existe en las instalaciones existentes en el laboratorio de Achotines, en Panamá, en donde se producen puestas de rabil durante casi todo el año.

Manejo de reproductores

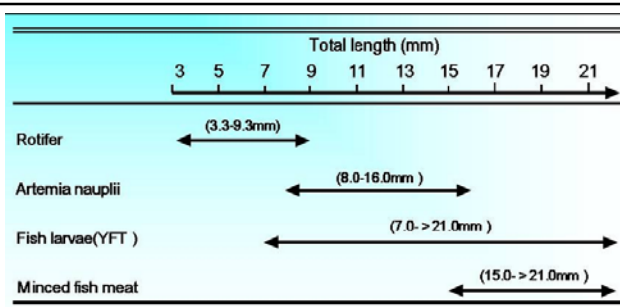
Las actividades de captura se iniciaron en abril de 2004. Se capturaron 100 peces, y la mortalidad debida a la captura y a la aclimatación de los peces fue de un 50%. En mayo de 2005, el número de peces que se encontraban en las instalaciones era de 27. La mortalidad se debió principalmente a que los peces se estrellaban contra los muros del tanque, fundamentalmente durante la noche (en condiciones de poca luz), aunque algunos murieron al saltar fuera del tanque. Presumiblemente los golpes contra los muros se producían debido a que los peces no los distinguían visualmente. Para ello se hizo un estudio para comprobar si al pintar bandas negras verticales aumentaba el detalle de los muros y minimizaba la mortalidad por choque, lo que efectivamente ocurrió.

Puestas y observación de las larvas

Las primeras puestas se produjeron en octubre de 2004 y continuaron hasta noviembre. Se produjeron 9 puestas no muy abundantes con una tasa de eclosión muy variable (entre 0 y 50%). La hora de puesta fue alrededor de las 08:00 horas. El crecimiento de las larvas los 12 primeros días de vida aparece representado en la siguiente gráfica. Los problemas que aparecen en el cultivo larvario podrían estar relacionados principalmente con la calidad de las puestas, con la calidad del medio y con la alimentación inicial: el tipo y el tamaño de las presas, la densidad del alimento, el desarrollo del sistema digestivo, el valor nutritivo del alimento. La secuencia de alimentación larvaria



aparece representada en la siguiente Figura. Como puede observarse, el periodo de alimentación con artemia puede obviarse dado que se solapan los periodos de alimentación con rotífero y con larvas de peces recién eclosionadas. En caso de no suministrarse estas, se produce un muy marcado canibalismo.



3. Panamá. Bahía de Achotines

Las instalaciones pertenecen a la Comisión Tropical Interamericana del atún, y están ubicadas en una zona de manglar, en una bahía cerrada que da al Océano Pacífico en el Suroeste de Panamá. La elección de la Bahía de Achotines para la ubicación de la instalación se debe a fundamentalmente a las condiciones oceanográficas y a la cercanía a las zonas de captura. La toma de agua se realiza fuera de la bahía mediante dos bombas con capacidad para bombear unos 45 m³/h cada una. El agua pasa a través de un filtro de arena situado unos 16 m por encima de la estación de bombeo. El filtro de arena es abierto: el agua penetra por la parte superior, siendo el flujo a través del filtro descendente (filtración por gravedad). Existen dos filtros completamente iguales (dimensiones de 3.5m x 3.5m x 2.5m) para poder utilizar uno mientras se limpia el otro. Después de pasar a través del filtro de arena (filtrando las partículas mayores de 50 μ), el agua llega hasta un tanque de cabecera de unos 40.000 litros, fluyendo por gravedad hasta el resto de la instalación.

La parte realmente importante de la instalación y que ha sido específicamente diseñada para el atún es la instalación para los reproductores. Consta de tres tanques: uno grande de 1300 m³ para mantener los reproductores propiamente dichos, y dos mas pequeños, de 170 m³ para los juveniles capturados mientras crecían hasta alcanzar la talla reproductora. Son tanques de hormigón, cilíndricos, con salida central del agua (17 m de \varnothing y 6 m de prof. el grande y 8.5 m de \varnothing y 3 de prof. los otros dos).

Los tanques se encuentran en circuito cerrado. Para el tanque grande, el sistema consiste en una torre de gasificación, un filtro de arena y un espumador. El flujo de agua es de unos 400 m³ /hora, lo que quiere decir que hay una renovación cada tres horas en el tanque. La baja densidad de peces mantenida en el tanque (inferior a 1 kg/m³) no hace necesaria la presencia de un filtro biológico propiamente dicho, ya que todos los elementos del sistema (torre de gasificación, tuberías, paredes del tanque, etc.) hacen en cierta forma la función de filtro biológico. Diariamente se recambia un 5-10% del agua del sistema. Esta agua procede del tanque de cabecera que existe en la instalación y es filtrada hasta 10 μ y esterilizada por UVA antes de llegar al tanque de reproductores. Los 2 tanques pequeños tienen cada uno de ellos un sistema similar de recirculación, pero a una escala mas reducida

La temperatura oscila entre 22 y 29°C, la salinidad entre 26 y 36 ‰ y el pH entre 7,6 y 8,3. Con la torre de gasificación se ha conseguido que el oxígeno disuelto se mantenga siempre entre 4,6 y 7. Pero niveles por debajo de 5 no son considerados óptimos para el atún, y si la cantidad de oxígeno baja de este nivel se procede a inyectar oxígeno puro para aumentar el oxígeno disponible para los atunes. Manteniendo cargas de alrededor de 0,5 kg/m³, los parámetros nitrogenados se mantienen en condiciones óptimas (amonio 0, nitritos inferiores a 0,03 y nitratos inferiores a 2. El CO₂ también se ha mantenido siempre en niveles adecuados para el cultivo (por debajo de 50 mg./l).

La zona de cultivo larvario y alevinaje no es esencialmente diferente a las de otros criaderos de peces marinos. Consta de una sala de incubación, una sala para preparación de alimento vivo, una sala de cultivo larvario y otra para los primeros estadíos de alevinaje. Los tanques de incubación son similares a los usados para otras especies. Son tanques troncocónicos de unos 200 litros.

Las zonas de producción de fito y zooplancton no presentan ninguna incidencia reseñable. El agua es filtrada hasta 1 μ y luego esterilizada por ultravioleta. La producción de fito y zooplancton se realiza en tanques y al exterior, en una zona techada para evitar la lluvia. Las especies cultivadas son *Nannochloropsis*, *Thalassiosira*, *Tetraselmis chuii* y *Ulo*. En cuanto a rotífero trabajan con la cepa L. El rotífero y la *Artemia* son enriquecidos con las especies de fitoplancton señaladas o con enriquecedores comerciales tipo Superselco o Algamac.

Los tanques de cultivo larvario son tanques de fibra de vidrio, redondos y con unas dimensiones variables de alrededor de 1,5 m de \varnothing y 0.6-1 m de altura que introducen dentro de otros tanques mayores por los que circula agua con el fin de mantener la temperatura dentro de los tanques de cultivo larvario cuando están en circuito cerrado. El desagüe central está dotado de un filtro para impedir que las larvas se escapen del tanque. Cuando las larvas aumentan de tamaño se pasan a otros tanques mayores, de unos 4 m de \varnothing y 1.5 m de altura. Tienen varios puntos de aireación cerca del filtro central, y la entrada de agua es tangencial y superficial. La luz es artificial y es atenuada por mallas de sombreado para disminuir su intensidad. Estos tanques se mantienen en circuito abierto, y la salida del agua puede ser central en profundidad o lateral en superficie.

Los tanques presentan unas bandas oscuras verticales en la pared, y a veces están dotados de muchos puntos de aireación pegados a las paredes y rodeando completamente el tanque. Estos dos sistemas tienen la finalidad de “ahuyentar” a los alevines de atún de las paredes de los tanques, ya que a menudo chocan o se rozan con ellas. De todos modos, no son soluciones totalmente efectivas.

Captura y manejo de reproductores

La captura de los reproductores se realiza siempre sobre peces pequeños (entre 1 y 4 kg.), ya que los resultados de supervivencia son mucho mejores que si se intentan capturar peces de mayor tamaño. Disponen de un barco de 8 metros de eslora, con el que salen hacia las zonas de captura, que distan unas pocas millas de la instalación. El barco dispone de un tanque rectangular dispuesto en la bañera central en el que le entra continuamente agua del mar, y que puede suplementarse con oxígeno si así se requiere. En este tanque estabulan no mas de 3-4 peces de cada vez, y se intenta que lleguen al laboratorio si es posible en menos de una hora tras la captura. Los peces son capturados con caña, y al anzuelo se le corta la punta para que el daño que ocasiona a los pequeños atunes no sea grande y se pueda extraer con rapidez y facilidad.

Una vez en el laboratorio, los peces son pesados, medidos y marcados individualmente con un microchip. Entonces son estabulados en tanques de cuarentena (tanques redondos de unos 5 metros de diámetro y 2 metros de profundidad). Allí se mantienen durante unos pocos días hasta que son introducidos en tanques mas grandes ya en la zona de reproductores. Si los peces están aparentemente bien no se les da ningún tratamiento. A veces se da un baño corto por inmersión con algún antibiótico. Se puede aprovechar el traslado de un tanque a otro mientras el pez yace en la camilla para dar el tratamiento (15-60 segundos).

El porcentaje de supervivencia que obtienen durante el manejo y captura de los reproductores es elevado, alrededor del 50%. Y alrededor de un 60-70% de los mismos están después de unos días en condiciones saludables para ser introducidos en los tanques de reproductores.

Mantenimiento de reproductores

Debido a que el diseño del tanque favorece su autolimpieza, las operaciones de limpieza del mismo se realizan sólo una vez al mes por medio de buzos y bombas que aspiran del fondo la

suciedad y limpian las paredes del tanque. La alimentación se realiza 1 vez al día, 7 días a la semana. La alimentación se realiza a mano y se basa en una mezcla de una especie de sardina (*Opisthonema sp.*) y calamar al 50% (aunque también se ha utilizado anchoveta u otras especies) suplementados con un complemento vitamínico y mineral que suponían alrededor del 1% del total de la comida. La alimentación es “ad libitum”, oscilando la tasa de alimentación entre el 1 y el 10% (lógicamente la tasa disminuye al aumentar el peso de los animales y al disminuir la temperatura). Los índices de conversión obtenidos oscilan entre 10 y 30, con una media de alrededor de 18.

La mortalidad en los tanques es elevada, estimándose en mas de un 90% tras tres años de cautividad. Esta mortalidad es mayor en los peces de mayor tamaño, y parece estar relacionada con su maniobrabilidad; si no existen problemas patológicos, la mayoría de la mortalidad se debe a los choques de los peces con las paredes del tanque. Estos choques son especialmente abundantes en los momentos en que hay un cambio pronunciado de luminosidad, amanecer y anochecer. Los peces alcanzan la madurez sexual cuando tienen 12-25 kg de peso (longitud furcal de 75-110 cm.), y algunos aún antes. La mayoría de los peces son capturados en el intervalo de 2-5 kg de peso, y antes de un año comienzan a poner regularmente.

La puesta se ha venido desarrollando desde 1997, a lo largo de todo el año, y solo cuando la temperatura ha disminuido por debajo de 24 grados se ha detenido. Así, se consiguen puestas de atunes durante unos 10 meses al año. Su fecundidad relativa es muy elevada, superior al millón de huevos por hembra y día., pero en el laboratorio de Achotines estiman que sólo recogen alrededor del 5% del total de la puesta, ya que los colectores no son muy adecuados y solo se colocan unas pocas horas al anochecer.

La expulsión de los gametos se produce al atardecer, entre las 18 y las 23 horas. El desarrollo embrionario es muy rápido, durando entre 20 y 24 horas según la temperatura del agua (24-29°C). Se ha comprobado que la hora de la puesta y la temperatura del agua guardan una relación estrecha, de tal modo que la puesta se adelanta si la temperatura es mas baja. Esto parece una estrategia para sincronizar el momento de la eclosión alrededor de las 17-18 horas.

Cultivo larvario

En la actualidad supone el principal inconveniente para el desarrollo de la acuicultura del atún de aleta amarilla, ya que hasta este momento, no se han conseguido cultivar larvas de mas de 100 días, y parece que el principal problema radica en la nutrición larvaria.

Cuando nacen, las larvas de atún aleta amarilla miden unos 3 mm. La temperatura de cultivo larvario debe oscilar entre 22 y 29°C, siendo 27°C el óptimo fisiológico. Abren la boca y comienzan a alimentarse 2.5 días después de la eclosión, y es muy importante que tengan alimento disponible desde este primer momento. La densidad larvaria debe ser baja; los mejores resultados se obtienen con densidades de alrededor de 2 larvas/litro, y nunca deberían ser mayores de 10-15 larvas/litro.

Son muy voraces desde el principio; se debe mantener una densidad de no menos de 10-15 rotíferos/ml. en el tanque, y a partir de día 7 ya se puede sustituir paulatinamente el rotífero por nauplius de Artemia. A partir de día 10-12 de vida, cuando alcanzan una talla de 6 mm., ya se pueden comenzar a adicionar larvas de peces en vez de Artemia. Los mejores resultados se han obtenido alimentando con larvas recién nacidas de atún. Entre los días 15 y 20 de vida alcanza los 10 mm., y a partir de este momento el crecimiento es muy rápido, alcanzando 20-40 mm. el día 30 de vida y los 5 cm. los días 35-50 de vida.

El destete se realiza con pescado troceado y comienza alrededor del día 20 de vida. No obstante es necesario simultanear alimento vivo e inerte durante al menos 10 días. Una vez se alimentan sólo con pescado troceado, es importante suministrarles alimento muchas veces al día y cada intervalos cortos de tiempo (máximo una hora), lo que implica alimentar entre 8 y 10 veces al día como mínimo.

A pesar de que existen problemas con choques de las larvas con las paredes y que se pueden optimizar las condiciones del cultivo larvario, parece claro que el principal problema es nutricional. Las larvas se mueren cuando alcanzan un tamaño crítico en el que se produce la metamorfosis, los 5-6 cm., y que se alcanza antes o después según haya sido la alimentación durante la fase larvaria. Pero invariablemente mueren en este momento. Alguna vez se ha conseguido una supervivencia aceptable durante el primer mes de vida, pero después va disminuyendo hasta no quedar ninguna larva cuando se realiza la metamorfosis.

4. Tanque de reproductores en Australia:

Este año pasado ha entrado en funcionamiento un tanque de reproductores construido por una empresa privada y que pretende acometer la reproducción en cautividad del atún rojo del sur (*Thunnus maccoyii*). El tanque, de 25 metros de diámetro y 6 metros de profundidad está ubicado cerca de las jaulas de engorde de atunes y al igual que los anteriores cuenta con un sistema de recirculación de agua. Los atunes reproductores fueron trasladados en helicóptero desde las instalaciones cercanas (ejemplares de unos 100 kg). Este primer año no han obtenido puestas, pero han observado comportamientos de cortejo dentro de l tanque, lo que les hace ser optimistas de cara a años posteriores.

5. Estado actual de la investigación en España

1. Proyecto Reprodott: El atún rojo madura en cautividad tras ser implantado con hormonas liberadoras de gonadotrofinas, pero no ha sido aún demostrado científicamente que en cautividad los atunes realicen puestas espontáneas ni ha sido posible hasta el momento la recogida de huevos de atún rojo procedentes de individuos ubicados en las jaulas experimentales del proyecto. Aún en caso de producirse puestas espontáneas y huevos fertilizados de forma natural, su recogida se plantea como muy dificultosa a causa de las importantes corrientes que operan en la zona.
2. La captura, transporte y ubicación en un tanque en tierra en la Planta del IEO Mazarrón, de individuos de mediano tamaño de atún rojo (40 kg) ha sido posible (García-Gómez *et al.*, 2003). También ha sido posible transportar hasta tanques en el IEO atunes de pequeño tamaño (unos 2 kg) pescados en áreas cercanas de pesca. Pero tras unos días en el tanque, los peces han muerto.
3. Se ha conseguido reproducir en cautividad una especie de escómbrido como es el bonito atlántico, *Sarda sarda*. Se ha mantenido un stock de reproductores durante quince meses en tanques en las instalaciones del IEO y han realizado puestas espontáneas en su época natural de puesta. Los huevos fertilizados obtenidos se han incubado observándose su desarrollo embrionario y larvario. Las larvas se han cultivado hasta alcanzar una talla máxima de 5 cm y unos 60 días de vida. Los resultados obtenidos se exponen en otras comunicaciones de este Congreso.

Bibliografía

- García-Gómez, A.; F. de la Gándara; T. Raja. y Atunes de Mazarron, S.L. 2003. First experience on adult bluefin tuna (bft), *Thunnus thynnus*: transportation from rearing cages to inland facilities. *Cah. Options Méditerran.* 60: 77-79
- Sawada, Y.; T. Okada; S. Miyashita; O. Murata and H. Kumai. 2005. Completion of the pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* (temminck et schlegel) life cycle. *Aquaculture Research*. 36: 413- 421.
- Wexler, J.B.; V.P. Scholey; R.J.Olson; D. Margulies; A. Nakazawa & J.M. Suter. (2003). Tank cultura of yellowfin tuna *thunnus albacares*: developing a spawning population for research purposes. *Aquaculture* 220: 327-353.